



НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ КОНЦЕПЦИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ПОДЗЕМНЫХ ВОД НА ОБЪЕКТАХ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА

Показаны экологические аспекты эксплуатации нефтяных и газовых месторождений. Рассмотрены методические основы формирования системы гидрогеологического мониторинга в общей структуре комплексного геоэкологического мониторинга объектов нефтегазового комплекса. Представлена структура комплексного геоэкологического мониторинга и мониторинга подземной гидросферы, состоящая из трех подсистем: наблюдений, оценок и прогноза. Сформулированы требования к исходной информации, на основе которой проектируется наблюдательная сеть, проводятся оценки состояния подземной гидросферы как на стадиях проектирования изучаемых объектов и системы мониторинга, так и в процессе функционирования объектов и систем мониторинга.

Ключевые слова: нефтегазовый комплекс, подземные воды, экологический мониторинг, подсистема наблюдений, подсистема оценок, подсистема прогнозов, гидросфера, окружающая среда.



Белюсова А.П.
д-р географ. наук,
профессор
ФГБУН Институт
водных проблем РАН
главный научный
сотрудник
anabel@iwr.ru

В Федеральном Законе РФ «Об охране окружающей среды» (от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ) дано следующее определение мониторинга: «Мониторинг окружающей среды (экологический мониторинг) – комплексная система наблюдений за состоянием окружающей среды, оценки и прогноза изменений состояния окружающей среды под воздействием природных и антропогенных факторов», которым и будем пользоваться в своих исследованиях.

Проблемы охраны окружающей среды в районах расположения нефтегазового комплекса [3] решаются с помощью функционирования системы комплексного экологического монито-

ринга, включающего взаимосвязанные подсистемы мониторинга гидросферы (МГС), атмосферы, литосферы и техносферы. На основе ранее разработанной (после аварии на ЧАЭС) концепции мониторинга атомных станций [1,2], системного подхода и законодательства о мониторинге выбрана следующая структура МГС (**рисунок 1**): вход в систему – исходная информация о текущем состоянии системы; система МГС, состоящая из трех подсистем – наблюдений (режима), оценок и прогноза; выход из системы – мероприятия по улучшению природно-технической обстановки (выход из системы МГС является входом в систему управления водными ресурсами).

Экологические аспекты эксплуатации объектов нефтегазового комплекса

Добыча нефти и газа сопровождается извлечением пластовых вод, газоконденсата, попутного газа. В самих нефтедобывающих скважинах происходит кольматаж рабочей части скважины и продуктивного пласта вблизи скважины механическими частицами из бурового раствора, химическими соединениями и веществами, содержащимися в добываемых продуктах и реагентах, используемых при добыче. При добыче нефти происходят негативные изменения окружающей среды: атмосферы, поверхностных вод, почв и пород зоны аэрации и подземных вод. Ухудшение состояния атмосферы вызывается сжиганием попутного газа в факелах, находящихся на территории месторождений. Загрязнение нефтью сосредоточено в пределах участков, на которых расположены продуктивные скважины, нефтесборные пункты и другие сооружения; а также при порывах нефтепроводов на территории месторождения; при этом становятся отравленными почвы и породы, поверхностные и подземные воды. Попадание пластовых водами – высокоминерализованных рассолов в пресные подземные воды имеет место на участках расположения скважин, а также при порывах водоводов, отводящих эти сточные воды в систему законтурного обводнения или на участки их захоронения. Следствием разливов высокоминерализованных рассолов является загрязнение и засоление почв и пород зоны аэрации, поверхностных и подземных вод.

Специфика эксплуатации нефтяных и газовых месторождений диктует необходимость постановки и решения двух первоочередных задач:

- оптимизация процесса добычи полезных ископаемых с использованием современных технологий;

- обеспечение устойчивости экологического состояния окружающей среды в пределах нефтяного месторождения и в зоне его влияния.

Эти задачи взаимосвязаны и решение одной из них не должно приводить к отрицательным последствиям при решении другой.

Последовательность геолого-гидрогеологического изучения нефтяного (или газового) месторождения для решения указанных задач представлена на схеме 1 и заключается в следующем:

- выделяют все технологические объекты, подлежащие исследованию – продуктивные скважины и объекты, вызывающие загрязнение окружающей среды (нефтегазосборные системы, нефтегазопроводы, водоводы, система законтурного заводнения, система захоронения сточных вод и др.);
- устанавливают добываемые продукты: нефть, газ, попутный газ, газоконденсат, пластовые воды (которые являются и загрязняющими веществами (ЗВ); также к ним следует отнести и техногенные ЗВ, используемые при добыче нефти и газа (буровые растворы, реагенты);
- определяют природно-техногенные объекты, а также границы зоны их воздействия (в нее входят территория месторождения и прилегающая к ней зона, на которую распространяется негативное влияние эксплуатации месторождения или другого объекта (нефтегазопровод и пр.), обычно это связано с атмосферным переносом ЗВ и выпадением кислых атмосферных осадков за пределами месторождения;
- исследуют природнотехногенные объекты по следующим видам изученности: геологической, геофизической, тектонической, геоморфологической, гидрологической, гидрогеологической, климатической, гидрогеохимической, почвенной;
- выполняют работы в локальном и региональном масштабах:

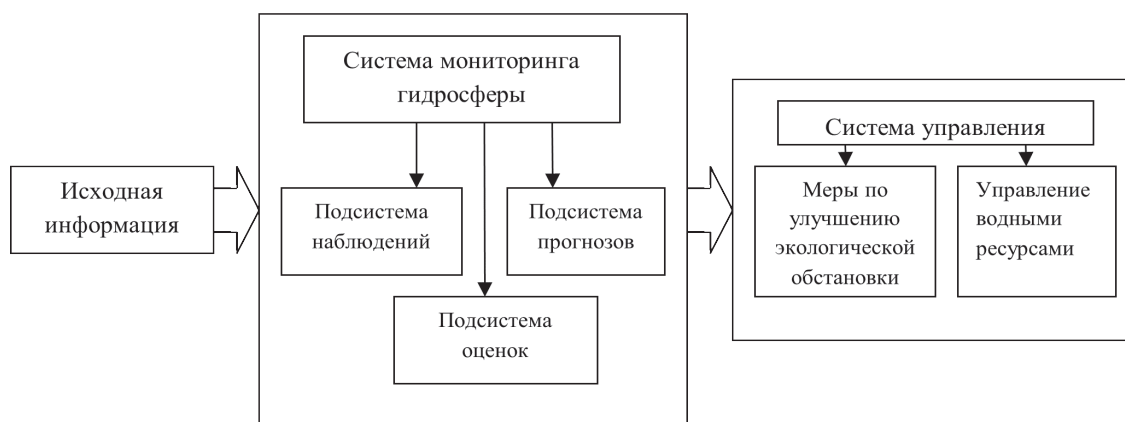
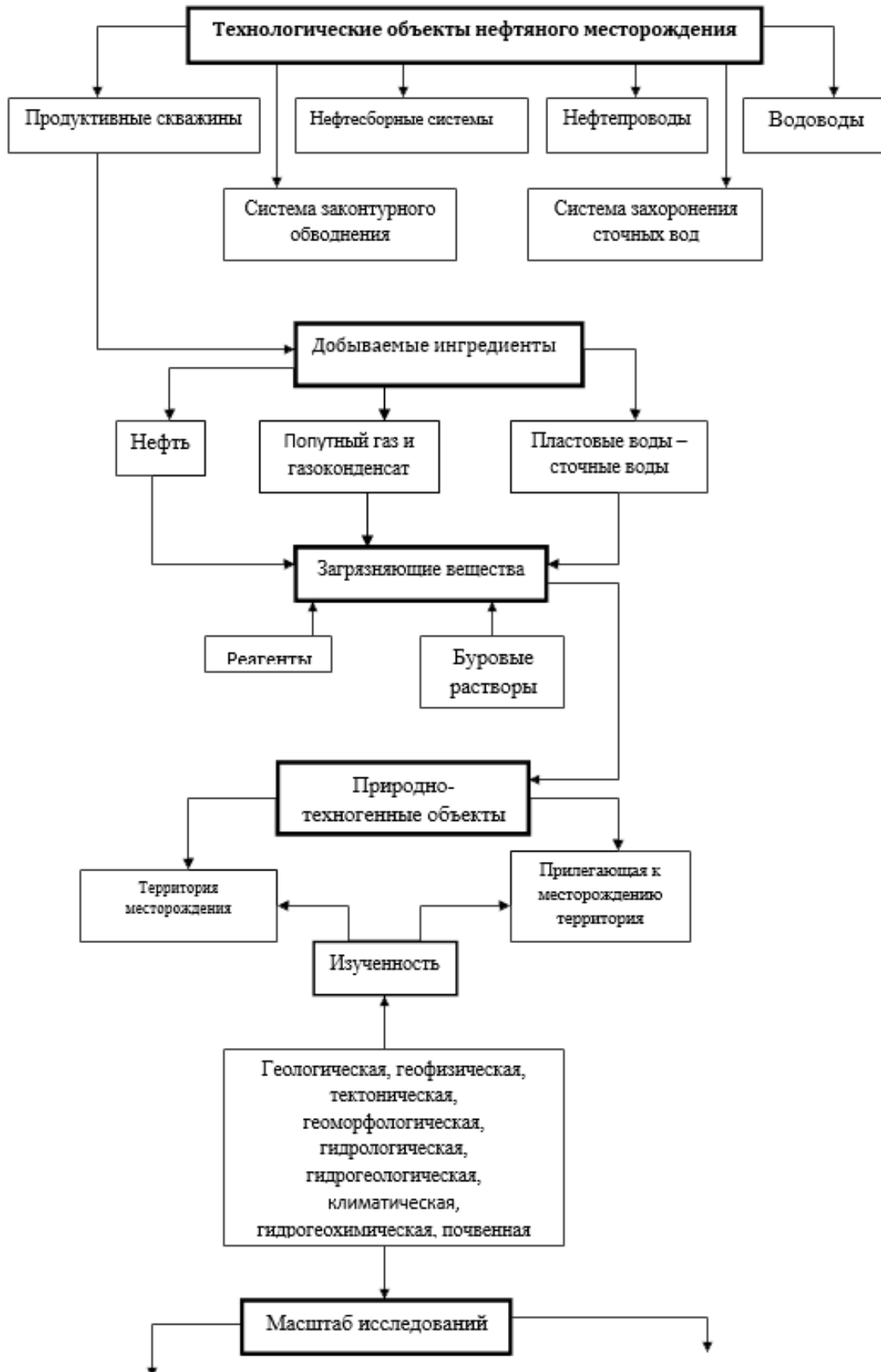


Рис. 1.
Структура мониторинга гидросферы.



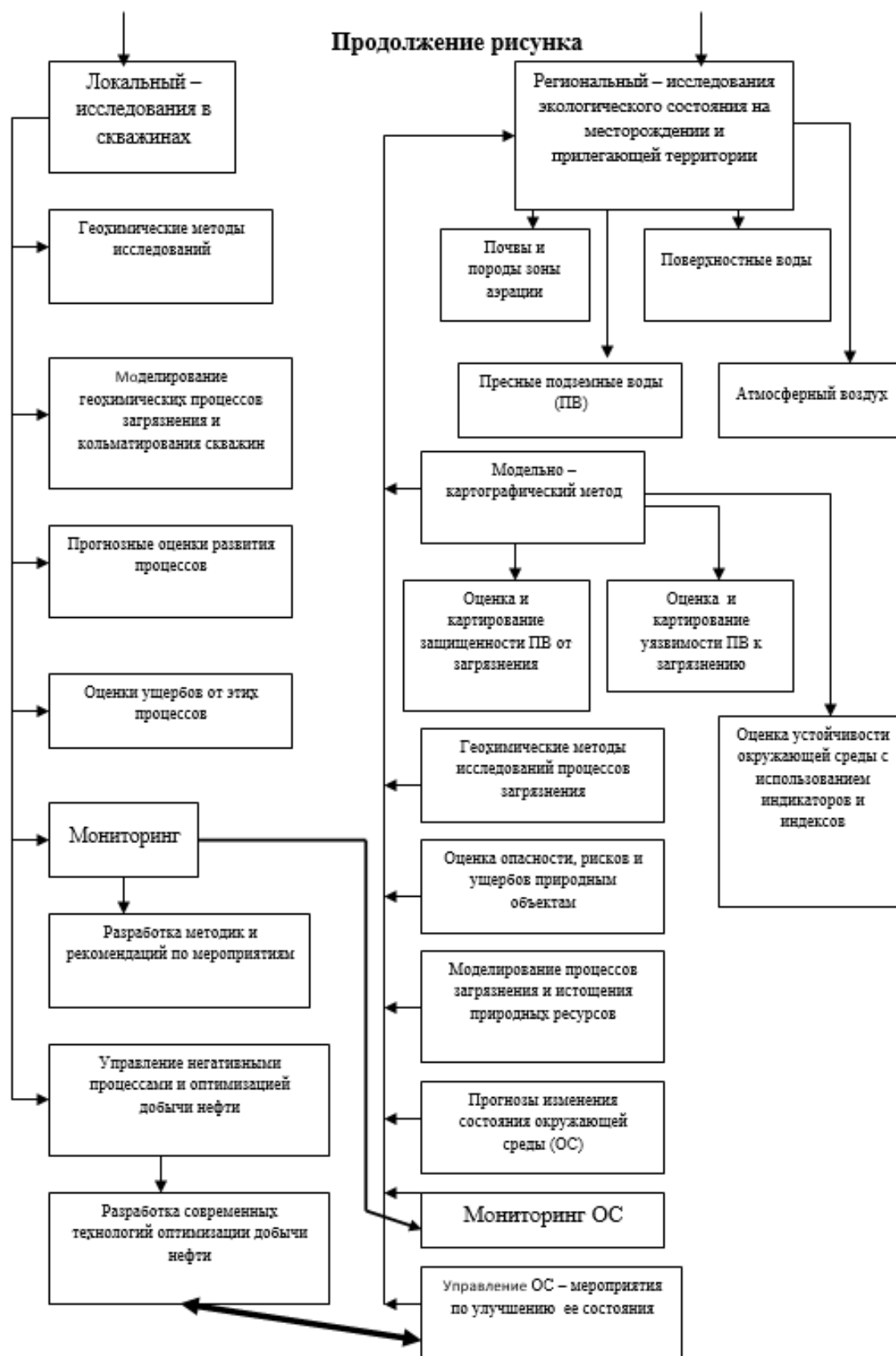


Рис. 2. Схема изучения экологической ситуации на нефтяном месторождении.

- локальные исследования скважин включают в себя геохимические методы изучения, направленные на установление состава и типов загрязняющих и колюматрирующих веществ, и опробование (опытное) рекомендованных химических веществ и соединений, используемых для увеличения нефтеотдачи скважин; моделирование геохимических процессов загрязнения и колюматажа скважин с целью выбора оптимальных методов очистки призабойной зоны продуктивных скважин; прогнозирование развития процессов загрязнения, колюматажа и очистки скважин с целью оптимизации технологических решений; оценку ущербов от этих процессов с целью экономической оптимизации технологического цикла; организацию и ведение мониторинга за техническим состоянием скважин и их влиянием на окружающую среду, на основе которого разрабатываются рекомендации по увеличению нефтеотдачи скважин и улучшению их эколого-технологического состояния. Базируясь на вышеперечисленных исследованиях, осуществляется управление негативными процессами и оптимизацией добычи нефти и газа путем разработки и применения современных технологий добычи;
- региональные исследования экологического состояния на месторождении и прилега-

ющих к нему территориях включают наблюдения за почвами и породами зоны аэрации, поверхностными и пресными подземными водами и за атмосферным воздухом и заключаются в следующем: модельно-картографический метод исследований, позволяющий оценить степень естественной защищенности и уязвимости подземных вод и защитной зоны (почв и пород зоны аэрации) к загрязнению и истощению, а также оценить устойчивость окружающей среды к негативным антропогенным воздействиям с использованием индикаторов и индексов устойчивости отдельных ее компонентов; геохимические исследования процессов загрязнения всех компонентов природной среды, включая лабораторные и полевые методы; оценка опасности, рисков и ущербов компонентам окружающей среды от антропогенного воздействия; моделирование процессов загрязнения и истощения природных ресурсов; прогнозирование изменения состояния природной среды под действием негативных факторов и при проведении разрабатываемых мероприятий, улучшающих состояние окружающей среды. Все вышеперечисленные исследования являются элементами мониторинга окружающей среды на территории нефтяного или газового месторождения (включая мониторинг продуктивных скважин), для ве-

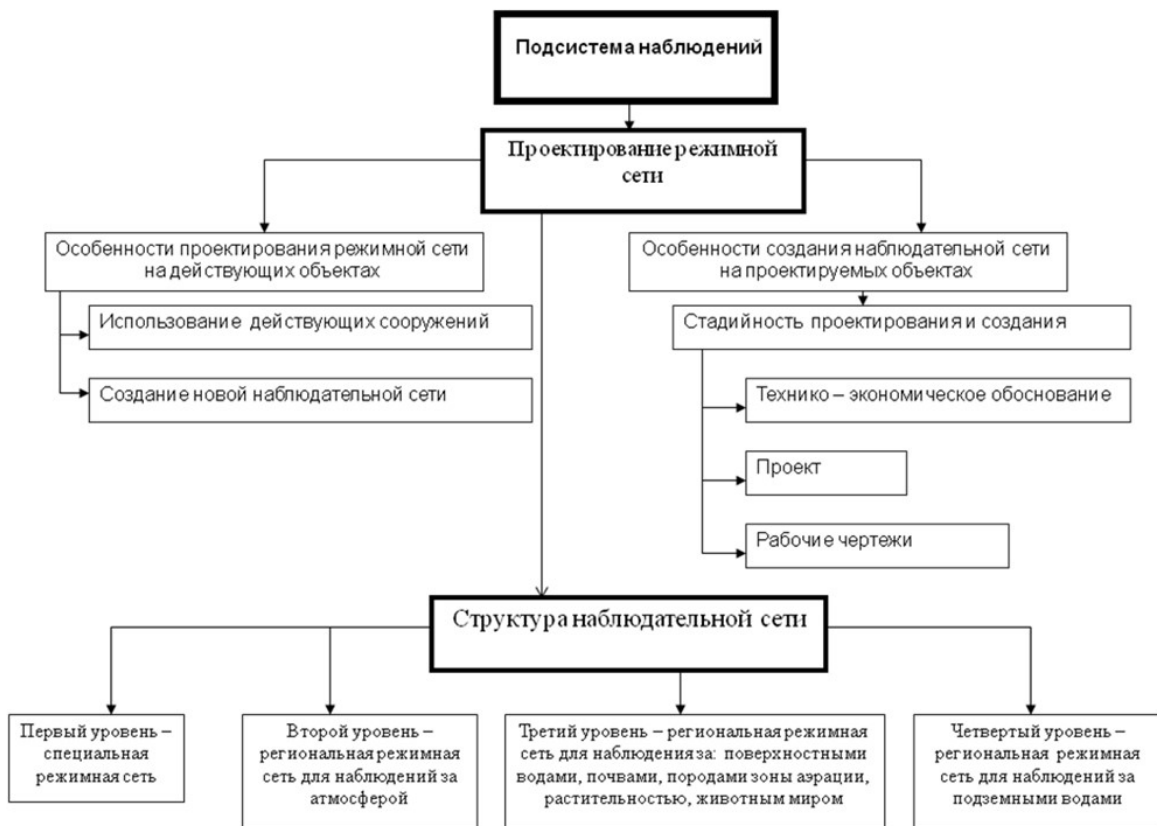


Рис. 3. Подсистема наблюдений (фрагмент).

дения которого на базе этих исследований проектируется и сооружается наблюдательная сеть и устанавливаются границы зон наблюдений. Выход из системы мониторинга является входом в систему управления состоянием окружающей среды и включает в себя только мероприятия по ее улучшению и природосберегающие технологии по оптимизации и повышению нефтеотдачи продуктивных скважин и в целом – добычи нефти и газа на месторождениях.

Структура МГС на объектах нефтегазового комплекса

Специфика эксплуатации объектов нефтегазового комплекса (рисунки 1 и 2) состоит в том, что они оказывают влияние на окружающую среду в целом, поэтому мониторинг этих объектов по сути своей должен быть комплексным, включающим наблюдения за всеми компонентами окружающей среды (атмосфера, литосфера, гидросфера, биосфера, а также техносфера).

Система МГС включает в себя следующие блоки (рисунки 1 и 2):

Блок исходной информации должен содержать данные:

1. Об объектах мониторинга (нефтяные, газовые, газоконденсатные месторождения, подземные хранилища газа, системы подземного захоронения сточных вод, трубопроводный транспорт) и их состоянии (действующие, проектируемые);

2. Об изученности этих объектов: природных условиях (геологические, тектонические, геофизические, сейсмические, геоморфологические, гидрогеологические, гидрологические, гидрогеохимические, почвенные, геотермические, гидродинамические, геодинамические, климатические, биологические, зоологические

и др., с построением соответствующих карт и установлением фоновых характеристик) и антропогенных условиях (технологические особенности объектов и их влияние на окружающую среду: механические и динамические изменения (источники возмущения геодинамической и гидродинамической обстановки, возникновение аномальных давлений в водоносных и продуктивных горизонтах, оседание поверхности земли, изменение направлений и интенсивности перетеканий из водоносных и продуктивных горизонтов, источники и интенсивность подтопления территорий и др.); загрязнение окружающей среды (атмосферы, почв и пород зоны аэрации, животного и растительного мира, поверхностной гидросферы, подземной гидросферы), с характеристикой объемов ЗВ их химического состава и площади распространения);

3. Сведения об источниках загрязнения этих объектов и их характеристиках: газообразные ЗВ, жидкие ЗВ (нефтепродукты, сточные воды, загрязненные отходами различных производств), твердые ЗВ. В результате объединения этих данных устанавливаются основные ЗВ, по которым будет проводиться мониторинг, строятся соответствующие карты (защищенности и уязвимости подземных вод к загрязнению выявленными ЗВ, а также карты специального районирования, позволяющие проектировать режимную сеть и оценивать состояние окружающей среды);

4. О границах зон мониторинга. Границы санитарно-защитной зоны устанавливаются по основным сооружениям на территории объекта; границы зоны наблюдений определяются по результатам метеорологических наблюдений за розой ветров, снеговой съемки и по данным о гидродинамических и гидрогеохимических особенностях потоков подземных вод;

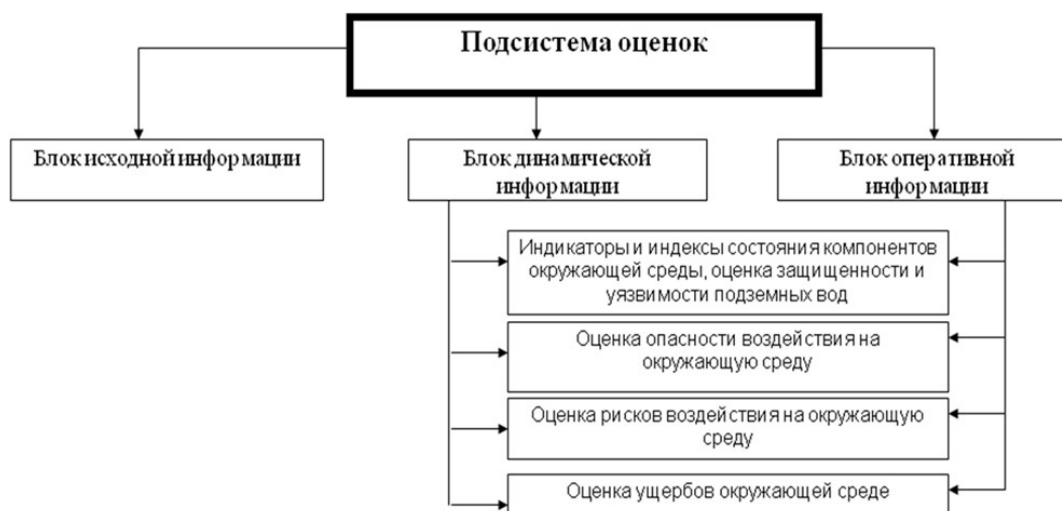


Рис. 4. Подсистема оценок.

5. Об изученности структуры КГЭМ (включающей все компоненты окружающей среды) с точки зрения развития физико-химических, физико-биологических и геотермических, инфильтрационных, фильтрационных и миграционных процессов в насыщенной и ненасыщенной зонах для получения данных о параметрах перечисленных процессов.

Для обеспечения блока исходной информации данными о параметрах указанных процессов, происходящих во всех компонентах окружающей среды и приводящих к загрязнению подземной гидросферы необходимо проведение полевых исследований: съемок (снеговая, газовая, изотопная, вводно-гелиевая и др.); опытно-фильтрационных, геотермических и опытно-миграционных работ в зонах полного и неполного насыщения; а также лабораторных гидрогеохимических исследований.

Завершающим этапом работ, предшествующим проектированию режимной сети, является предварительное математическое моделирование процессов загрязнения подземных вод всеми ЗВ с использованием ранее полученных параметров основных процессов, способствующих негативному изменению экологического состояния подземных вод.

Подсистема наблюдений включает в себя наблюдения за всеми компонентами окружающей среды (рисунк 3). Для наблюдений оборудуется

режимная наблюдательная сеть, являющаяся основным инструментом МГС. Особенности проектирования режимной сети должны учитывать технологическое состояние объектов мониторинга (действующие или проектируемые). Подсистема наблюдений включает в себя несколько уровней: первый – специальная режимная сеть для наблюдения за источниками загрязнения; второй – региональная режимная сеть для наблюдений за атмосферой; третий – региональная режимная сеть для наблюдения за поверхностными водами, почвами, породами зоны аэрации, растительным и животным миром и четвертый – региональная режимная сеть для наблюдений за подземными водами. Проектирование режимной сети осуществляется в два этапа: проектирование «идеальной» режимной сети на базе природотехногенных факторов и оптимизация сети – создание реальной режимной сети с учетом экономических и технических ограничений. После проектирования следует сооружение периодичности и состава наблюдений, создание автоматизированной системы наблюдений.

Подсистема оценок является связующим звеном между подсистемами наблюдений и прогноза. Подсистема оценок (рисунк 4) включает в себя блоки исходной, динамической и оперативной информации, с помощью которых устанавливаются индикаторы и индексы устой-



Рис. 5. Подсистема прогнозов.

чивости состояния компонентов окружающей среды и подземной гидросферы в частности, проводится оценка опасности, рисков и ущербов компонентам окружающей среды.

Подсистема прогнозов представляет собой (рисунки 5) автоматизированную структуру, состоящую из информационной системы (банков данных и программного обеспечения для их обработки), постоянно действующей модели и блока прогнозов (включая сценарии аварий и чрезвычайных ситуаций различной сложности), способствующих корректировке режимной сети. Вся подсистема прогнозов должна базироваться на современных ГИС-технологиях. Эта подсистема должна обеспечить проектирование и проведение «кризисного» мониторинга в случае возникновения чрезвычайных природных и антропогенных ситуаций.

Выход из системы МГС представляет собой разработку мероприятий (технологических, гидрологических, био-химических, гидрогеологических, гидрогеохимических), улучшающих экологическое состояние окружающей среды в целом и подземной гидросферы в частности, на объектах мониторинга. Кроме этого необходима разработка и усовершенствование нормативных документов и правовых основ экологического законодательства.

Выводы

Мониторинг гидросферы является необходимым инструментом охраны окружающей среды на объектах нефтегазового комплекса. В связи с этим изложенные методические положения мониторинга гидро-сферы в районах расположения предприятий и месторождений нефтегазового комплекса могут быть использованы при проектировании и организации его на конкретных объектах. Представленная концепция мониторинга является комплексной, так как включает наблюдения не только за экологическим состоянием во всех компонентах окружающей среды, но и за всеми ЗВ, обуславливающими загрязнение поровых, грунтовых и напорных вод в зонах контролируемых объектов.

Функционирование системы мониторинга гидросферы, включающей подсистему оценок (основой которой составляют индикаторы и индексы устойчивости качества подземных вод), является надежной базой для определения направления эколого-экономического развития изучаемых объектов и сохранения подземной гидросферы как компонента окружающей среды. Мониторинг гидросферы также является частью КГЭМ окружающей среды и важным элементом при формировании стратегии перехода контролируемых регионов к устойчивому развитию. XXI

Работа проводилась в рамках научной программы Института водных проблем РАН (проект № FMWZ-2022-0001)

Литература

1. Белоусова А.П., Захарова Т.В., Швец В.М. Мониторинг гидросферы в районах расположения АЭС // Водные ресурсы, 1992, № 3, с. 127-134.
2. Белоусова А.П. Мониторинг подземных вод в районах расположения АЭС. Разведка и охрана недр. 2015, № 4, с. 65-71.
3. Белоусова А.П. Мониторинг подземных вод на объектах нефтегазового комплекса. Водные ресурсы. 2005, №6, с.727-738.

UDC: 558.383/388:504(571.1)

A.P. Belousova, Dr. of Geographical Sciences, Professor Institute of Water Problems of the RAS anabel@iwp.ru

SCIENTIFIC BASIS OF THE CONCEPT OF ECOLOGICAL GROUNDWATER MONITORING AT OIL AND GAS COMPLEX

Abstract: Ecological aspects of operation of oil and gas deposits are shown. Methodical bases of formation of system of hydrogeological monitoring in the general structure of complex ecological monitoring objects of an oil-and-gas complex are considered. The structure of complex ecological monitoring and monitoring of the underground hydrosphere, consisting of three subsystems is submitted: supervision, estimations and the forecast. Requirements to the initial information on the basis of which the observant network is projected are formulated, estimations of a condition of underground hydrosphere as on design stages of investigated objects and systems of monitoring are carried out, and during functioning objects and systems of monitoring.

Keywords: oil and gas complex, groundwater, ecological monitoring, observation subsystem, assessment subsystem, forecast subsystem, hydrosphere, environment.